

科学史导向的《智能控制》课程教学实践探讨

郭广颂, 李玲*, 常绪成, 王胜

郑州航空工业管理学院自动化学院, 河南 郑州

收稿日期: 2026年5月3日; 录用日期: 2026年6月4日; 发布日期: 2026年6月11日

摘要

《智能控制》课程内容庞杂, 知识思路与传统控制区别较大, 学生较难掌握课程内容。本文提出基于科学史导向的教学方法, 通过将知识点科学史作为授课主线, 将科学史融入知识教学中, 建立一种集趣味性、知识性、启发性于一体的教学实践方法。针对《智能控制》课程各部分内容, 分别给出了该方法的实践策略, 同时给出了相关历史文献的使用方法。教学实践表明, 该方法能有效提高学生的学习兴趣, 可以明显提高知识点掌握程度。该方法不仅能提高《智能控制》课程教学质量, 还能培养学生独立科研能力。

关键词

《智能控制》, 科学史, 教学方法, 课程融合, 教学实践

Exploration of Teaching Practices in “Intelligent Control” Course Guided by the History of Science

Guangsong Guo, Ling Li*, Xucheng Chang, Sheng Wang

School of Automation, Zhengzhou University of Aeronautics, Zhengzhou Henan

Received: May 3, 2026; accepted: June 4, 2026; published: June 11, 2026

Abstract

The “Intelligent Control” course contains extensive content and its approach differs significantly from traditional control, making it difficult for students to master the course material. This paper proposes a teaching method based on the history of science orientation, which uses the development

*通讯作者。

文章引用: 郭广颂, 李玲, 常绪成, 王胜. 科学史导向的《智能控制》课程教学实践探讨[J]. 教育进展, 2026, 16(6): 392-403. DOI: 10.12677/ae.2026.1661141

history of knowledge points as the main teaching thread and integrates the history of science into knowledge instruction, thereby establishing a teaching practice that combines fun, knowledge, and inspiration. For each part of the “Intelligent Control” course, practical strategies for implementing this method are provided, along with guidance on how to use relevant historical literature. Teaching practice shows that this method can effectively enhance students’ interest in learning and significantly improve their mastery of knowledge points. This approach not only improves the teaching quality of the “Intelligent Control” course but also cultivates students’ independent research capabilities.

Keywords

“Intelligent Control”, History of Science, Teaching Methods, Curriculum Integration, Teaching Practice

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着人工智能技术的迅猛发展，智能控制作为自动化、电气工程及机器人等工科专业的核心课程，其战略地位日益凸显[1][2]。在新工科建设与工程教育专业认证的双重背景下，《智能控制》课程不仅承担着传授模糊理论、神经网络、专家系统及智能计算等前沿理论知识的任务，更肩负着培养学生系统性思维、创新意识与解决复杂工程问题能力的重要使命。然而，在当前的教学实践中，该课程普遍面临理论概念多、数学推导多、算法变种多，但历史脉络少、哲学思辨少的困境。这种教学现状不仅割裂了控制理论与认知科学的内在关联，更遮蔽了智能控制作为一门“人工科学”所特有的历史厚度与哲学深度。

作为一门新兴课程，通行《智能控制》课程教材内容主要来源就是相关学术文献，课程内容遵循学术发展时间线。传统的《智能控制》教学模式通常采用“知识逻辑导向”，即按照模糊集、神经网络、遗传算法等技术模块进行切割，逐一讲解其定义、结构、原理与应用。这种模式虽然体系严谨、逻辑清晰，但割裂了技术分支之间内在的关联性与承继性。如学生易将模糊控制与神经网络视为互不相干的两套“工具箱”，难以洞察两者在解决不确定性、非线性问题时所体现出的共同哲学基础——对人类智能模拟方式的不同路径探索。这种缺乏历史纵深的教学方式，使得学生虽然记住了算法步骤，却难以复现学者的发现之旅，更无法培养出在面对全新复杂系统时的原始创新能力。

将科学史引入《智能控制》教学，并非简单的史实罗列或人物轶事点缀，而是旨在通过追溯智能控制各分支的起源、发展、争鸣与融合的历程，重构智能控制在经典控制与现代控制遭遇“复杂性壁垒”后的必然突围过程。近年来，教育学领域的建构主义学习理论(Constructivism)与 HPS 教育理论(History, Philosophy and Sociology of Science)为理工科课程改革提供了有力支撑。建构主义认为，学习并非被动接收信息，而是学习者在已有认知结构基础上，通过情境、协作与反思主动建构意义的过程。《智能控制》教学不应仅罗列算法最终形态，而应还原知识产生的“真实问题情境”。例如，为何经典 PID 在非线性、大时滞系统中出现局限？Zadeh 如何从集合论出发，逐步提出模糊逻辑？这契合了 HPS 教育理论的核心主张：科学史能揭示概念演进中的“歧路”与“突破”，科学哲学则帮助学生理解理论假设与范式转换的本质。

鉴于此，结合十余年的教学经验，本文探讨一种以科学史为导向的教学实践方法。该方法以“问题

驱动 - 历史重演 - 思想对比 - 反思抽象”为主线, 重构教学内容与活动。建构主义指导下的情境创设体现为: 设置历史难题, 让学生“穿越”到智能控制诞生前夕, 呈现 Zadeh、Rosenblatt 等学者的原始思考与实验历程。该方法探讨将科学史资源转化为提升教学质量、培养学生独立完成科研的有效手段, 以期为自动化类专业的课程改革提供一种新思路。

2. 科学史导向的教学实践

2.1. 教学方法设计

目前《智能控制》通行教材的教学内容基本一致, 即包含分级递阶控制、模糊控制、神经网络控制、专家控制、智能算法和集成(复合)控制等部分[3] [4]。各部分内容相对独立, 如图 1 所示。其中, 分级递阶控制是一种结构模型, 它不特指某一种具体的算法, 而是描述了按照功能分层、决策权逐级递减的方式构建控制系统的组织架构[5]。集成(复合)控制则是多种控制算法的混合。所以, 本文重点针对模糊控制、神经网络控制、专家控制和智能算法等内容, 在理论和应用两个层面引入科技史导向教学方法。具体地, 采用历史难题作为认知冲突源 - 原始文献片段促进“重演” - 反思抽象形成深层理解三步模式, 建立从“知识呈现”到“认知重演”的建构主义视角下的科学史融入路径。设置“科学方法论显性讨论”环节, 采用假设 - 演绎与归纳并重, 范式转换与工具价值实现 HPS 教育理论对科学思维的显性化培养。

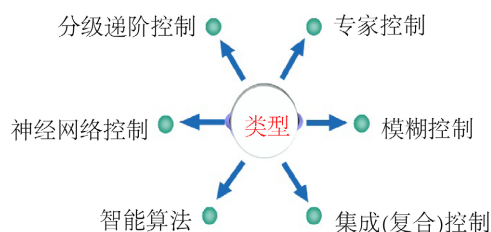


Figure 1. Main content of the “Intelligent Control” course

图 1. 《智能控制》课程主要内容

(1) 模糊控制

“模糊控制”部分内容主要包括: 模糊集合、模糊关系、模糊矩阵、模糊逻辑与推理、模糊控制基本原理、模糊控制系统设计等。该部分其实是一个整体, 主要内容来源于 1965 年 Zadeh 发表的文章“Fuzzy sets”。Zadeh 的研究方向原本是线性时变系统和采样控制系统, 并曾提出“状态空间”这一著名概念。但随着 1965 年某个下午的灵光一现, Zadeh 提出了“模糊集合”这一开创性概念。由于模糊理论对不确定性问题的处理方法具有强烈的主观性, 所以, 模糊理论遭到了当时主流学术界的质疑。身处旋涡之中的 Zadeh 在提出模糊理论后很长一段时间里境遇并不快乐。1974 年, Mamdani 将模糊逻辑成功应用于蒸汽机控制, 模糊理论才逐渐被接受。但争论一直存在, 90 年代中期还发生过一场“模糊 - 概率”论战。对于这些争议, Zadeh 和其他学者通过不断完善模糊理论给予回应[6]。

在讲授“模糊控制”前, 先呈现 20 世纪 60 年代传统控制理论面对复杂工业过程时模型失效的历史案例。学生被要求尝试用状态空间法建模, 发现高阶非线性与不确定性的障碍。这一过程对应建构主义的“认知冲突”阶段, 促使学生意识到原有认知图式(PID、现代控制理论)的边界。随后提供 Zadeh 提出模糊集合的原始论文摘要与简单例子, 不直接给出控制算法, 而是引导学生模仿其思维过程: 先模糊化描述, 再定义隶属函数与规则。学生在小组讨论中自然衍生出近似 Mamdani 的控制表。这一过程实现了建构主义倡导的“知识在社会协商中建构”, 即科学史提供了历史真实的社会建构情境, 而非人工模拟

问题。最后对比学生自建规则与最终成熟算法，引导学生提炼“从精确逻辑到近似推理”的范式转换意义，将历史演进内化为个人的认知结构。

在应用层面，通过对比 PID 参数整定与模糊控制，引导学生讨论控制理论中的“科学解释模式”差异，理解智能控制的经验主义哲学基础，实现 HPS 教育理论下的“假设-演绎与归纳并重”环节。再通过介绍 Togai 开发的第一款模糊逻辑推理芯片(图 2 所示)，以及 Togai 的早逝对方兴未艾的模糊芯片产业带来的巨大损失，可以激发学生的学习动机；通过介绍模糊控制技术在日本仙台地铁的成功应用案例以及在家电领域的广泛应用，可以开拓学生专业视野，实现 HPS 教育理论下的“范式转换与工具价值”环节。

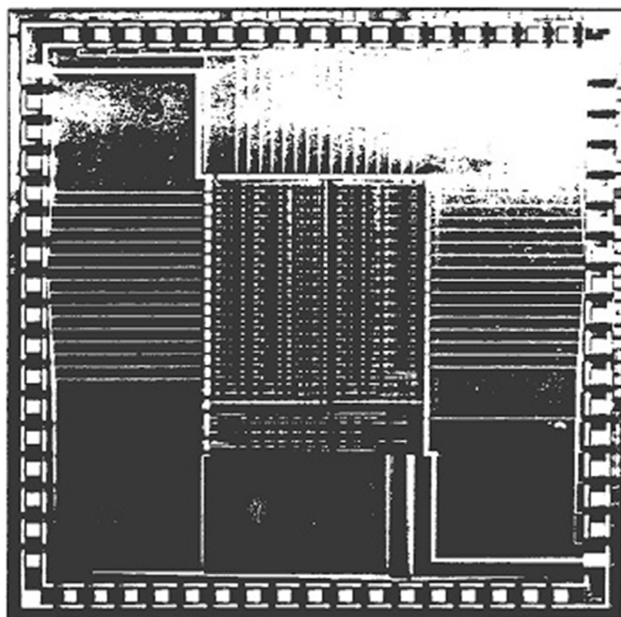


Figure 2. The first fuzzy logic inference chip developed by Togai
图 2. Togai 开发的第一块模糊逻辑推理芯片

(2) 神经网络控制

“神经网络控制”部分内容包括：神经网络基础、典型神经网络模型、神经网络控制等。神经网络控制是神经网络的一种应用，因此，这部分内容主要围绕“神经网络”讲授。本科阶段教学主要涉及神经网络研究的早期发展史，而这段历史充满了悲情与曲折。1943 年，McCulloch 和 Pitts 提出可实现简单逻辑运算、但不具备学习能力的 M-P 神经模型。作为神经网络研究的先驱，McCulloch 和 Pitts 均是控制论创始人 Wiener 的助理，但正欲深入研究之时，由于 McCulloch 放荡不羁的性格引起了 Wiener 妻子的不满。1952 年，Wiener 便将二人同时驱逐，二人的学术生涯也随之中断。1969 年，McCulloch 和 Pitts 均因酗酒离世。1958 年，Rosenblatt 提出具备学习能力的单层神经网络模型——“感知机”，引起极大轰动。工业界开始尝试采用神经网络解决难题。1962 年，美国斯坦福大学教授 Widrow 和 Hoff 提出自适应线性单元(Adaptive Linear Neuron, ADALINE)。ADALINE 适用于信号处理中的自适应滤波、预测和模式识别。1969 年，人工智能大师 Minsky 出版《Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry》一书，书中论证了单层神经网络不能求解“异或”逻辑运算，这导致当时几乎所有神经网络研究均陷入停滞。1971 年，Rosenblatt 溺水而亡(一说自杀)，成为神经网络研究史上最具悲情的人物。1987 年，Nielsen 证明可用两层神经网络实现 Kolmogorov-Arnold 叠加定理，该定理意味着多层神经网络可以逼近任意连续函数。期间，CMAC、B-P 网络、Hopfield 反馈网络、玻尔兹曼机以及 RBF 网络等多层神经网络相继

被提出，神经网络研究重新获得生机。

在讲授神经网络知识点时，遵循科学史时间线，按 M-P - 感知器 - ADALINE - BP - Hopfield - 玻尔兹曼机 - RBF 顺序讲授，每一个知识点均辅以相关科学史串讲。起初学生大多会对 M-P 这种结构简单，功能有限的模型不以为然(图 3 所示)。当引入该模型的发展史，尤其是了解到 Pitts 从一个 15 岁离家出走的少年，自学成为 Wiener 博士生的经历，学生便能从曲折历程中领会到科学前进的每一步都凝聚着前人巨大的努力。而当得知 M-P 模型神经元结构与今天人工智能大模型神经元结构基本相同时，学生对该模型科学意义的感触会更深刻。随着 B-P 网络、Hopfield 反馈网络、玻尔兹曼机以及 RBF 网络等内容的跟进，学习规则逐渐复杂，网络功能不断强大。此时，对每一种网络模型引导大量科学史背景，如同向学生展示了一幅生动的科研画卷，学生不仅能感受到技术发展的非直线性，更能体会到学科交叉对于技术突破的关键作用。透过这些模型背后学者的研究历程，无疑对学生科研精神的培养也具有重要推动意义。更重要的，通过科学史了解学者们的研究思路，学生还能洞悉模糊理论和神经网络内在的模拟人类智能的统一性，以及智能控制与人工智能的同根同源性。在应用层面，向学生展示今天人工智能的成功案例，让学生分析“精确模型控制”到“数据驱动/知识驱动控制”的范式特征变化，并反思当前大语言模型时代对智能控制可能的再范式化。这一哲学层次的讨论，提升了学生对学科前沿的判断力，避免了将智能控制简单视为算法堆砌的浅表学习。

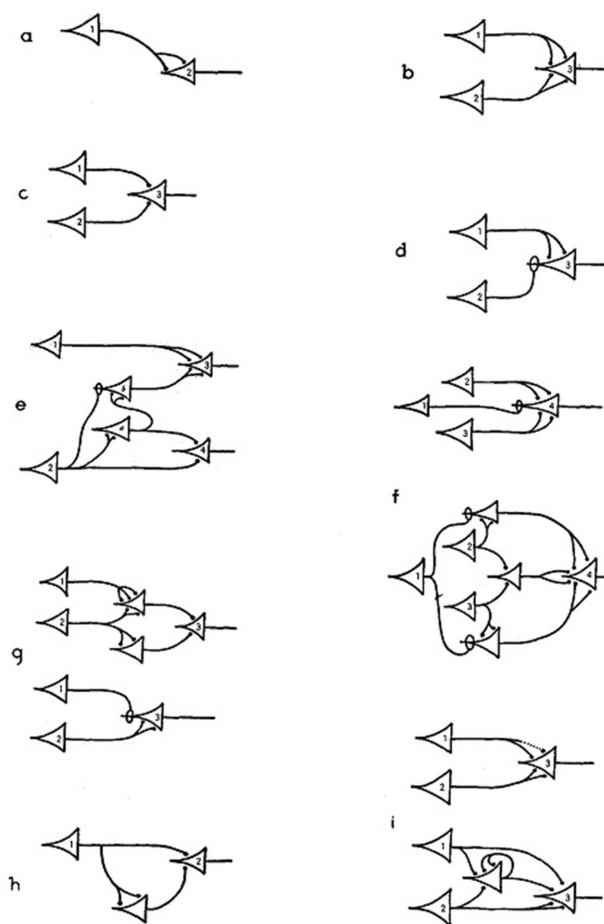


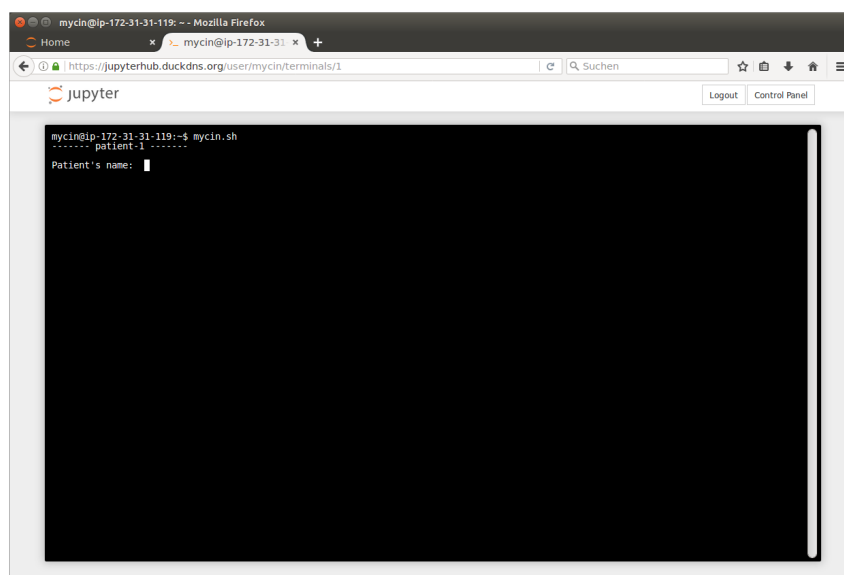
Figure 3. The M-P neural network model proposed by McCulloch and Pitts

图 3. McCulloch 和 Pitts 提出的 M-P 神经网络模型

(3) 专家控制

“专家控制”部分内容包括：专家系统、专家系统推理机制、专家控制系统等。专家系统是人工智能的早期形式，早期研究集中于美国斯坦福大学和麻省理工学院。1968年，斯坦福大学 Feigenbaum 开发出能识别有机化合物分子结构的化学专家系统 DENDRAL 系统。1970年，麻省理工学院的学者开发出能求解 600 多种数学问题的数学专家系统 MACSYMA。70 年代中期，专家系统技术逐渐成熟。1976年，Shortliffe 开发出细菌感染诊断专家系统 MYCIN，该系统最为知名，后续很多医学诊断专家系统均采用 MYCIN 外壳搭建，如 1979 年的肺功能测试专家系统 PUFF。1978 年，Hart 开发出矿产勘查专家系统 PROSPECTOR。80 年代，大量商业化专家系统出现，仅 1987 年就研制成功 1000 多种专家系统，代表系统如 DEC 公司的 R1/XCON。1986 年，Astrom 提出专家控制概念。此后，专家系统用于控制的研究逐渐受到重视。

通行《智能控制》教材对“专家控制”部分的介绍大多比较简略，尤其对专家系统的某些技术细节介绍不足，如“黑板”系统。由于专家系统也采用 IF-THEN 规则推理，专家系统推理机制与模糊控制学生很容易混淆，所以，这部分内容的讲授难度是《智能控制》课程中最大的。以科学史引导教学，将专家系统的技术资料纳入教学过程，在弥补教材知识不足的同时，通过“复刻历史”，可以很好地解决这一难题。具体地，通过查找历史文献，选择一个代表性专家系统为实例(如 MYCIN)，将其人机接口、规则库、数据库、非精确推理过程等部分的技术资料详细挖掘出来，以一个专门课件形式介绍给学生。由于专家系统采用人机交互问答形式运行，配合年代感，所以趣味性较强。MYCIN 的运行界面如图 4 所示。通过这样的具体讲解，学生对专家系统原理的理解就会深刻透彻。由于专家系统结构的通用性，学生掌握了一个专家系统实例的工作原理，对于其他专家系统地理解就会很容易。在应用层面，结合 80 年代国内的专家系统研究热潮，将中医诊断专家系统介绍给学生，可以进一步拉近距离感。再将当今医疗辅助系统、ChatGPT、Deepseek 等人工智能技术作类比，学生更能体会到科技演变对社会的影响。这样，通过科学史便将分散的知识点串联成连贯的链条。



<https://user.medunigraz.at/marcus.bloice/m17/dss/g3/>

Figure 4. The operation interface of MYCIN, which only allows cursor-based human-computer interaction

图 4. MYCIN 的运行界面，该系统只能使用光标实现人机交互

(4) 智能算法

“智能算法”部分包括：智能计算概述、遗传算法的基本原理、基于遗传算法的参数辨识、基于遗传算法的 PID 控制参数优化等。智能算法是指通过模拟自然过程或数据驱动解决复杂问题的计算方法，可与神经网络、模糊计算结合，涵盖函数优化、组合优化等应用领域，是人工智能核心组成部分。本科《智能控制》课程涉及的智能算法主要是遗传算法。遗传算法起源于美国密歇根大学。1967 年，Bagley 在其博士论文中首次提出“遗传算法”一词；1971 年，Hollstien 首次将遗传算法用于函数优化；1975 年，De Jong 建立了著名的五函数测试平台；1975 年，Holland 出版著作《Adaptation in Nature and Artificial Systems》，给出了遗传算法的大量数学理论证明；1983 年 Goldberg 在其博士论文中第一次把遗传算法用于实际工程系统—煤气管道优化，引起了各学科广泛研究应用遗传算法的兴趣。

作为一种与传统优化方法完全不同的智能算法，如何让学生将遗传算法中的数学概念同生物概念区分开是一个比较难的教学问题。科学史将抽象概念与历史任务绑定，使内在负荷变得可分解。例如将遗传算法中的选择、交叉、变异算子对应自然适应系统的原始动机，即每个算子都对应一个自然现象解释。图 5 展示了原始文献中模仿生物交配的遗传算法染色体交叉操作。再结合教材案例，学生便能在历史逻辑中理解算子功能，再上升到数学表达，比直接讲解二进制编码与适应度函数更符合认知的自然顺序。接着，通过介绍五函数测试平台，学生能更深入地了解算法评价标准，并对函数优化这一遗传算法重要应用领域形成基本认识。在应用层面，参数辨识、控制参数优化等控制领域问题均是遗传算法的典型应用，为了体现“范式转换与工具价值”，可纳入更广泛的问题中给学生讲解。如介绍 2006 年 NASA 的 ST-5 航天器使用演化算法设计空间、自动寻找更高效的 X-band 天线方案，增强了学生对智能算法应用的信心。

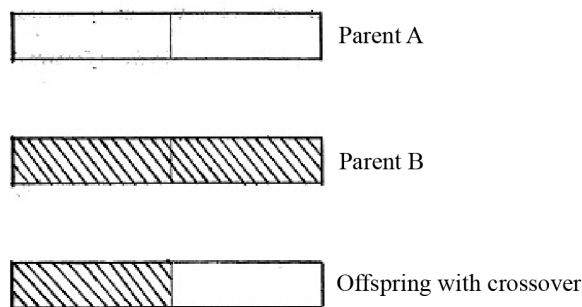


Figure 5. Single-point crossover operation of chromosomes on genetic algorithms in Bagley's doctoral thesis

图 5. Bagley 博士论文中的遗传算法染色体单点交叉操作

2.2. 历史资料使用

(1) 原始文献的使用

采用科学史引导教学，离不开科学史文献的收集。文献收集以知识点为线索，对教材中涉及的概念、方法、案例，均找寻其出处。原则上尽量收集第一手文献，尽可能少用二手或转引文献。表 1 列出了《智能控制》课程所涉主要原始文献。因通行《智能控制》教材在对相关原始文献的编辑过程中会丢掉一些技术细节，而原始文献保留了当初研究的原貌，与教材互参，可以更好地还原相关知识点。例如，Zadeh 的“Fuzzy sets”、“Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes”等文章，语言通俗易懂，论证自然流畅，编辑后的教材多不及此。当然，原始文献也多有论证简略，较难理解的问题。例如 Rumelhart 等发表在《Nature》上的“Learning representations by back-propagating errors”，

篇幅不足 4 页, 对 BP 网络反向传播隐含层权值更新策略细节未详细展示。现行教材则可以对此做详细介绍[7]。另外, 原始文献还能展现强烈的年代感, 进而启发对现今相关研究的思考, 如专家系统和遗传算法的原始文献便是如此, 这也是阅读原始文献带来的乐趣。向学生展示这些文献时, 学生常会发出“原来是这样的啊”的感叹。

对原始文献收集与整理的过程虽然有些许逐本溯源的“考古”意味, 但实际上采用的挖掘方法则与搜寻前沿文献完全相同, 而某些算法的应用案例更与前沿文献直接衔接。这就决定了将科学史融入教学, 对于尚未进入科研领域的本科生而言, 可以培养阅读理解科研文献的能力, 对于他们以后进入科研领域, 独立阅读前沿文献也有极大的帮助。

Table 1. Key original literature related to the “Intelligent Control” course

表 1. 《智能控制》课程所涉主要原始文献

课程内容	主要原始文献	主要贡献
模糊控制	L. A. Zadeh. Fuzzy sets. <i>Information and Control</i> , 1965, 8: 338-353.	提出模糊集合概念
	L. A. Zadeh. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes, <i>IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics</i> , 1973, 3(1): 28-44.	提出模糊逻辑、模糊推理、模糊规则、模糊系统等基本概念与方法
	E. H. Mamdani, S. Assilian. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. <i>International Journal of Man-Machine Studies</i> , 1975, 7(1): 1-13.	提出 Mamdani 法模糊推理, 并应用于蒸汽机控制
	1. M. Togai, Hiroyuki Watanabe. A VLSI design and implementation for a real-time approximate reasoning. <i>Proceedings of the Second Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence</i> , 1986: 289-296.	开发出第一块模糊逻辑推理芯片
	2. M. Togai, H. Watanabe. A VLSI implementation of a fuzzy-inference engine: toward an expert system on a chip. <i>Information Sciences</i> , 1986, 38: 147-163.	
神经网络控制	Warren S. McCulloch, Walter Pitts. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. <i>Bulletin of Mathematical Biophysics</i> , 1943, 5: 115-133	提出 M-P 模型
	F. Rosenblatt. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. <i>Psychological Review</i> , 1958, 65(6): 386-408.	提出感知机模型
	B. Widrow. Generalization and information storage in network of adaline ‘neurons’. <i>Self-Organizing Systems</i> , Spartan Books, Washington DC, 1962: 435-461.	提出 ADALINE
	J. S. Albus. A New Approach to Manipulator Control: The Cerebellar Model Articulation Controller(CMAC). <i>Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control</i> . 1975, 9: 220-227.	提出 CMAC
	J. J. Hopfield. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. <i>Proc. Natl. Acad. Sci, USA</i> . 1982, 79: 2554-2558.	提出 Hopfield 网络模型
	David E. Rumelhart, Geoffrey E. Hinton, Ronald J. Williams. Learning representations by back-propagating errors. <i>Nature</i> , 1986, 323: 533-536.	提出 BP 网络模型
	Robert Hecht-Nielsen. Kolmogorov’s mapping neural network existence theorem. <i>First IEEE International Conference on Neural Networks, San Diego</i> , 1987, 3: 11-14.	神经网络实现 Kolmogorov-Arnold 叠加定理
John Moody, Christian Darken. Learning with localized receptive fields. <i>Proceedings of the connectionist models summer school</i> , 1988: 1-11.	提出 RBF 网络模型	
专家控制	E. A. Feigenbaum. <i>Artificial Intelligence: Themes in the second decade</i> . International Federation For Information Processing. <i>Proceedings Of The IFIP Congress 68</i> . 1968.	DENDRAL
	Martin, W. A., Fateman, R. J. The MACSYMA system. <i>Proceedings of 2nd Symposium on Symbolic and Algebraic Manipulation</i> , 1971: 59-75.	MACSYMA

续表

	Edward H. Shortliffe. MYCIN: a knowledge-based computer program applied to infectious diseases. Proceedings of the Symposium on Computer Applications in Medical Care, 1977: 66-69	MYCIN
	P. E. Hart, R. O. Duda, M. T. Einaudi. PROSPECTOR: a Computer-Based Consultation System For Mineral Exploration. Mathematical Geology, 1978, 10(5): 589-610.	PROSPECTOR
	J. McDermott. R1: a rule-based configurer of computer systems. Artificial Intelligence. 1982, 19(1): 39-88.	R1/XCON
	K. J. Astrom, J. J. Anton, K. E. Arzen. Exper control. Automatica, 1986, 22(3): 277-286.	提出专家控制概念
智能算法	J. D. Bagley. The Behavior of Adaptive Systems Which Employ Genetic and Correlative Algorithms. PhD thesis, University of Michigan, Ann Arbor, 1967	首次提出遗传算法概念
	R. B. Hollstien. Artificial genetic adaptation in computer control systems, PhD thesis, University of Michigan, Ann Arbor, 1971	遗传算法首次用于函数优化
	K. A. De Jong. An analysis of the behavior of a class of genetic adaptive systems, PhD thesis, University of Michigan, Ann Arbor, 1975	建立五函数测试平台
	David Edward. Goldberg. Computer-Aided Gas Pipeline Operation Using Genetic Algorithms and Rule Learning. PhD thesis, University of Michigan, Ann Arbor, 1983	遗传算法用于煤气管道优化

(2) 重要人物资料的使用

除知识点原始文献之外, 相关重要人物的个人资料也是历史文献的重要组成部分。重要人物是指各个领域里提出过重要成果的学者, 如模糊控制领域的 Zadeh、Mamdani; 神经网络领域的 McCulloch、Pitts、Rosenblatt; 专家系统领域的 Feigenbaum、Shortliffe; 智能算法领域的 Holland 等。人物资料包括个人传记、私人档案、科研札记、科研综述、科研资料汇总等。表 2 列出了《智能控制》课程所涉重要人物主要资料。国外科研机构很重视学者资料的保存, 借助于网络, 这些资料大多可以开放获取。

Table 2. Biographical materials of key figures in the “Intelligent Control” course

表 2. 《智能控制》课程所涉重要人物资料

课程内容	重要人物	部分资料	内容
模糊控制	Lotfi A. Zadeh	Lotfi A. Zadeh. My life and work-a retrospective view. Applied and Computational Mathematics, 2011, 10(1): 4-9.	自传
	Lotfi A. Zadeh	Rudolf.Seising. Lotfi Aliasker Zadeh (1921-2017)-his life and work from the perspective of a historian of science. Fuzzy Sets and Systems, 331, 2017.	传记
	Norbert Wiener	https://digital.library.illinois.edu/items/8a47f6c0-29aa-0136-4d81-0050569601ca-e	个人档案
	Masaki Togai	Hiroyuki Watanabe. Obituary Dr.Masaki Togai (1948-1996). Mercury Technologies, 1996, 8(4): 622-624.	传记
神经网络控制	Warren S McCulloch	https://digital.library.illinois.edu/items/8a55b2a0-29aa-0136-4d81-0050569601ca-f	个人档案
	Walter Pitts	Neil R. Smalheiser. Walter Pitts. Perspectives in Biology and Medicine, 2000, 43(2): 217-226	传记
	Frank Rosenblatt	Tribute to Dr. Frank Rosenblatt. Speech of Hon. Hugh L. Carey of New York in the house of representatives, 1971-07-28, U.S. Congressional Record, 1971.	传记
	Frank Rosenblatt	Melanie Lefkowitz. Professor’s perceptron paved the way for AI, Cornell Chronicle, Sept. 25, 2019.	传记

续表

	John J Hopfield	John J Hopfield. Now What. 2018.10 https://pni.princeton.edu/people/john-j-hopfield/now-what	科研札记
	Edward Albert Feigenbaum	Edward A. Feigenbaum. A personal view of expert systems: Looking back and looking ahead. <i>Expert Systems with Applications</i> , 1992, 5: 1993-201	科研札记
	Joel Moses	Joel Moses. Macsyma: A personal history. <i>Journal of Symbolic Computation</i> , 2012, 47: 123-130.	科研综述
专家控制	Richard J. Fateman	Richard J. Fateman. A Review of Macsyma. <i>IEEE Transactions on knowledge and data engineering</i> , 1989, 1(1): 133-145.	科研综述
	Edward H. Shortliffe	https://www.shortliffe.net/	科研资料 汇总
	Peter E. Hart	https://www.peterhart.net/Home	科研资料 汇总
	Karl Johan Astrom	https://www.control.lth.se/personnel-old/karl-johan-aastroem/	科研资料 汇总
智能算法	John Henry Holland	韩靖. 永远年轻的复杂性科学先驱—纪念“遗传算法之父” John Holland 教授. <i>系统与控制纵横</i> , 2015, 2(2): 5-10.	传记

这些个人资料展示了严肃的学术论文背后学者们的另一种生活化形象，生动刻画了他们的科学素养和真实性情。从这些资料里我们能看到 Zadeh 的谦和隐忍、Wiener 的恃才傲物、Hopfield 的循循善诱……尤其“Walter Pitts”一文向读者生动展示了 Pitts 热爱冒险、极富才华、自由不羁的天才形象，不禁更加令人感叹他的人生悲剧。在教学中，将这些人物资料作为科学史的一部分介绍给学生，会引导学生追寻科学先驱的探索足迹，加深对相关知识点的认识。

(3) 其他资料

借助于新的计算平台，历史上很多科研成果已被复现出来，如 MYCIN 等。作为科研遗产，这些“原型机”对今天的科研依然具有启发意义，也是科学史的重要组成部分，值得珍视。其他诸如 Rosenblatt 的 *Mark 1 Perceptron Operator's Manual* 这样的技术资料也能从网络上获得。这些资料对了解当年的相关技术无疑具有巨大帮助作用。今天读来，仍不禁对前人的科研精神产生深深敬意。

3. 教学实践效果分析

在相关教学改革政策的推动下，2024~2025 学年，我们对本校自动化本科专业按上述方法进行《智能控制》课程授课。为了验证教学效果，将其中 2 个班 60 名学生作为控制班，由同一位教师采用传统方法教学，另 2 个班 60 名学生作为实验班，按本文方法教学。在学期初和学期末对实验班和控制班进行前测和后测问卷调查，考核内容是知识点掌握和解决问题能力的课程达成度分析。

通过 7 点 Likert 量表问卷调查，结果表明，实验班学生对本文方法满意度达 95%，比采用旧教学方法的控制班满意度高出 10 个百分点；90% 的实验班学生表示“通过本方法更能理解智能控制知识体系”；85% 的实验班学生认为“这种讲法更有趣”。采用 Mann-Whitney U 检验方法分析问卷调查结果，如表 3 所示。结果表明，实验班学生在学习体验与兴趣、实践与综合能力培养的有效性和教学迭代优化等方面均得到提升。

对期末试卷按“掌握智能控制系统的基本分析方法和设计方法(课程目标 1)”、“具备应用软件编程与系统调试的基本能力，能独立承担和开展智能控制系统方面的研究工作(课程目标 2)”、“学生的沟通能力得到加强(课程目标 3)”等 3 个课程目标进行达成度分析。结果表明，所有课程目标学生达标率均在 90% 以上，如图 6 所示。课程目标 1、2、3 的达成度分别为 0.72、0.89、0.82，均高于控制班。实验班在

“模糊控制适用条件”、“隶属函数设计灵活性”等概念上错误率显著低于控制班，表明基于历史情境的建构有效提升了概念深度。这表明本文的教学方法可以有效提高《智能控制》课程教学质量。

Table 3. Mann-Whitney U test results

表 3. Mann-Whitney U 检验结果

调查指标	统计量	p 值	显著性	效应量 r	前测样本数	后测样本数
整体满意度	196.5	0.024	显著	0.228	60	60
内容与目标相符	228.5	0.087	不显著	0.159	60	60
激发学习兴趣	296.0	0.163	不显著	0.237	60	60
实践能力提升	362.5	0.372	不显著	0.282	60	60
独立操作自信	250.5	0.093	不显著	0.173	60	60
综合能力提升	196.0	0.019	显著	0.284	60	60
合作分享机会	210.0	0.036	显著	0.117	60	60

注: $p^* < 0.05$ 。

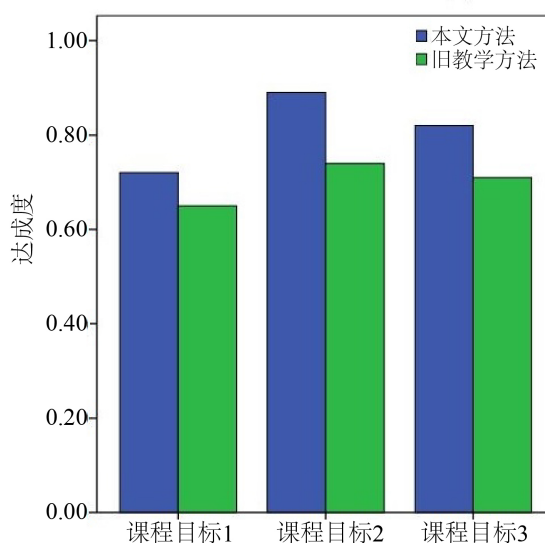


Figure 6. Attainment of course objectives

图 6. 课程达成度

4. 局限性与展望

《智能控制》课程具有理论内容新、知识交叉性强、技术更新快的特点。受课时压力、教师要求高等因素影响，引入科学史的最大局限是易增加认知负荷，导致学生沉浸于历史细节而忽略核心算法原理。所以，在采用本文方法时，应去除原始文献中冗余的数学推导、时代背景细节及非核心人物轶事，仅保留关键问题、关键思想和关键证据。未来改进方向的核心在于从“科学史作为内容”转向“科学史作为认知方式”。学生可根据兴趣选择，但须完成同一组基于历史情境的设计任务，以确保核心目标达成。让不同立场的学生查阅历史论据并辩护，满足自主性与胜任感需求。教师在每项大作业或项目报告中，应明确划分“技术实现分”与“历史/哲学反思分”。课程组应共同开发 2~3 学时的跨课程共享历史案例库。教师应引导学生像科学史研究者一样质疑原始论文的隐含假设、重现历史实验的设计逻辑，甚至找

出历史解决方案中的逻辑漏洞。通过弹性化素材、差异化通道、一致性评价、数字化工具及教师角色重塑,使科学史成为训练学生科学思维、历史意识与工程哲学素养的有机组成部分。最终目标是培养出既懂算法实现,又能反思“何种控制知识值得追求、如何追求”的下一代智能控制人才。

基金项目

本文受河南省高等教育教学改革研究与实践项目(研究生教育类)成果(2025SJGLX325Y、2023SJGLX019Y)、河南省高等学校重点科研项目(26B590002)、郑州航空工业管理学院实验室开放项目(ZHSK26-51)、郑州航空工业管理学院研究生教育创新计划基金(2026CX166)资助。

参考文献

- [1] 王飞跃. 智能控制五十年回顾与展望: 傅京孙的初心与萨里迪斯的雄心[J]. 自动化学报, 2021, 47(10): 2301-2320.
- [2] 蔡自兴. 中国智能控制 40 年[J]. 科技导报, 2018, 36(17): 23-39.
- [3] 师黎, 陈铁军, 李晓媛, 姚丽娜. 智能控制理论及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [4] 王耀南, 孙炜. 智能控制理论及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [5] Saridis, G. and Stephanou, H. (1975) Hierarchically Intelligent Control of a Bionic Arm. *Proceedings of the 1975 IEEE Conference on Decision and Control Including the 14th Symposium on Adaptive Processes*, Houston, 10-12 December 1975, 99-104. <https://doi.org/10.1109/CDC.1975.270656>
- [6] 高庆狮. 新模糊集合论基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [7] 韩力群, 施彦. 神经网络理论及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2017.